



Title	Statistical parameter estimation of stochastic ordinary and partial differential equations
Author(s)	貝野, 友祐
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/81900
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (貝 野 友 祐)	
論文題名	Statistical parameter estimation of stochastic ordinary and partial differential equations (確率微分方程式および確率偏微分方程式の統計的パラメータ推定)
論文内容の要旨	
この論文では、確率微分方程式および確率偏微分方程式のパラメータ推定について研究を行った。 論文の前半では、微小拡散過程モデル、エルゴード的拡散過程モデル、非エルゴード的拡散型確率過程モデルの3種類の確率微分方程式モデルのパラメータ推定について考察した。高頻度データを用いて最尤型推定量を求めることを目標とするが、このためには疑似対数尤度を最適化するための適切な初期値が必要となる。初期値を求める方法として、高頻度データから得られる縮約データおよび間引きデータを用いたベイズ型推定量を考えた。ベイズ型推定量はMCMC法により計算するため、初期値の影響が少ない。ベイズ型推定量を初期値とした最尤型推定量を提案し、これをハイブリッド型推定量と呼ぶことにする。ベイズ型初期推定量とハイブリッド型推定量の漸近的性質を証明した。さらに、数値シミュレーションによって提案した推定量の漸近挙動について検証した。 論文の後半では、超高頻度データを用いた線形放物型確率偏微分方程式モデルの係数パラメータの推定問題に取り組んだ。具体的には、観測時間が一定の場合、観測時間が長い場合、ノイズが小さい場合の3種類の確率偏微分方程式モデルについて研究した。初めに、超高頻度データから確率偏微分方程式モデルの係数パラメータのうち正規化されたボラティリティパラメータと曲率パラメータに関連する二つのパラメータの最小コントラスト推定量を求めた。次に、超高頻度データおよび最小コントラスト推定量を用いて座標過程 (Ornstein-Uhlenbeck過程) の近似過程を導出し、得られた近似過程から座標過程の係数パラメータの最尤型推定量を求めた。そして、最小コントラスト推定量と座標過程の係数パラメータの最尤型推定量から、確率偏微分方程式モデルの残りの係数パラメータの推定量を導出した。提案した推定量の漸近的性質を示し、大規模数値シミュレーションにより推定量の漸近挙動を検証した。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (貝 野 友 祐)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教 授	内 田 雅 之
	副 査	教 授	狩 野 裕
	副 査	教 授	鈴 木 讓

論文審査の結果の要旨

確率微分方程式で定義された拡散過程にはドリフトパラメータと拡散パラメータがあり、これら2種類の未知パラメータについて漸近有効性をもつ疑似最尤推定量の研究が進展していく中で、最近では疑似尤度関数の最適化に関する研究が重要視されるようになった。本論文では、ドリフト係数や拡散係数が未知パラメータについて非線形である場合を考慮して漸近有効推定量を導出するための統計的推定法を開発し、その数学的正当化を証明した。具体的には、微小拡散過程、非エルゴード的拡散型過程、エルゴード的拡散過程の未知パラメータに対して、初期推定量として、縮約または間引きデータを用いたベイズ型初期推定量を導出し、最適収束率ではないが安定した推定量であることを証明した。さらに、その初期ベイズ型推定量を用いて適応的最尤型推定量を構成するハイブリッド型統計的推定法を開発し、ハイブリッド型推定量の漸近有効性を証明した。さらに、従来の推定量と比較して、ハイブリッド型推定量が安定的であることを大規模数値シミュレーションで実証した。

時空間データについて統計解析する上で、確率偏微分方程式は表現力豊かな統計モデルである。高頻度時空間データに基づく確率偏微分方程式の統計モデリングの最初のステップとして、未知の係数パラメータの推定が喫緊の課題である。本論文では線形放物型確率偏微分方程式モデルについて、観測時間が固定された場合、観測時間が十分長い場合、ノイズが十分小さい場合の3種類の状況下で、未知の係数パラメータの適応的最尤型推定量を構成し、その漸近正規性を証明した。そして、大規模数値シミュレーションにより提案した適応的最尤型推定量の漸近挙動を検証した。確率微分方程式モデルのハイブリッド型推定法の開発および確率偏微分方程式モデルのパラメータ推定の漸近的性質の解明は顕著な学術的貢献であり、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。